

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 3 F 1/08

H 0 1 L 21/027

識別記号

A

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/ 30

5 0 2 P

5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願平6-66934

(22) 出願日

平成6年(1994)4月5日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 宮崎 順二

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機

株式会社ユー・エル・エス・アイ開発研究

所内

(72) 発明者 中江 彰宏

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機

株式会社ユー・エル・エス・アイ開発研究

所内

(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

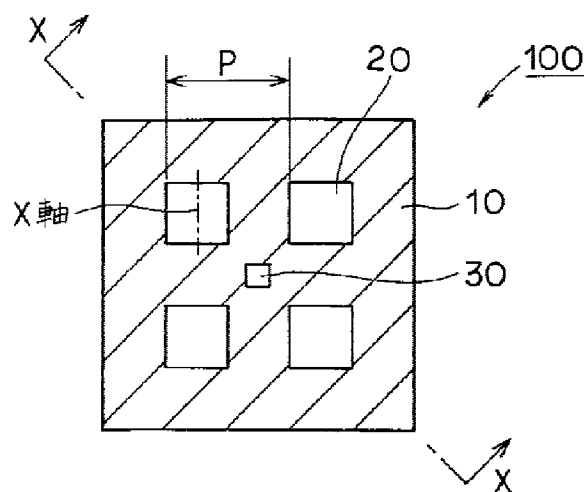
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 減衰型位相シフトマスクおよびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 減衰型位相シフトマスクの光透過部の周囲に生じる強い光強度領域（サイドローブ像）の発生を防止するパターンを有する減衰型位相シフトマスクおよびその製造方法を提供することにある。

【構成】 光透過部20の周囲の近傍の位相シフト部10の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への露光量の露光量を調整するための補助パターン30が設けられている。この補助パターン30により、サイドローブ像の光強度を打ち消すことが可能となる。



10: 位相シフト部

20: 光透過部

30: 補助パターン

100: 減衰型位相シフトマスク

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトマスク基板の上の所定の位置に形成され、透過する露光光の位相と透過率とを制御する第1光透過部と、

前記第1光透過部に周囲を取囲まれ、前記フォトマスク基板の表面が露出する第2光透過部と、を備え、

前記第2光透過部の周囲の近傍の前記第1光透過部の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への前記露光光の露光量を制御するための補助パターンを有する、減衰型位相シフトマスク。

【請求項2】 前記補助パターンが、前記第2光透過部を略取囲むように前記第1光透過部に形成された、請求項1に記載の減衰型位相シフトマスク。

【請求項3】 前記第2光透過部の平面パターン形状は、略四角形であり、かつ、マトリックス状に複数個前記フォトマスク基板上に形成され、それぞれの前記第2光透過部の対角線の延長線の交点の近傍の位置に、前記補助パターンを有する、請求項1に記載の減衰型位相シフトマスク。

【請求項4】 前記補助パターンは、前記第2光透過部の前記フォトマスク基板の露出面積よりも小さい前記フォトマスク基板の露出面積を有する補助光透過部を含む、請求項2または請求項3に記載の減衰型位相シフトマスク。

【請求項5】 前記補助パターンは、前記第2光透過部の前記フォトマスク基板の露出面積よりも小さい面積を有する遮光パターンを含む、請求項2または請求項3に記載の減衰型位相シフトマスク。

【請求項6】 フォトマスク基板の上に、透過する露光光の位相と透過率とを制御する減衰型位相シフト膜を形成する工程と、

前記減衰型位相シフト膜の上に、電子ビーム用レジスト膜を形成する工程と、

前記電子ビーム用レジスト膜に電子ビームを照射して、前記減衰型位相シフト膜が残存してなる第1光透過部を形成するための第1パターンと、前記フォトマスク基板が露出してなる第2光透過部を形成するための第2パターンと、前記第2光透過部の周囲の近傍の前記第1光透過部の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への前記露光光の露光量を制御するための補助パターンを形成するための第3パターンとを描画する工程と、

前記電子ビーム用レジスト膜を現像する工程と、現像した前記電子ビーム用レジスト膜をマスクとして、前記減衰型位相シフト膜のパターニングを行ない、減衰型位相シフト膜からなる第1光透過部と、前記フォトマスク基板が露出してなる第2光透過部と、補助パターンとを形成する工程と、を備えた、減衰型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項7】 前記第2パターンと、前記第3パターンとを描画する工程は、

前記第2パターンに照射する電子ビームの照射量を、前記第3パターンに照射する電子ビームの照射量よりも多く照射する工程を含む、請求項6に記載の減衰型位相シフトマスクの製造方法。

【請求項8】 前記第3パターンを描画する工程は、電子ビームの設計上の照射面積よりも大きく電子ビームを照射する工程を含む、請求項6に記載の減衰型位相シフトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は減衰型位相シフトマスクおよびその製造方法に関し、特に、減衰型位相シフトマスクに形成されるパターンの構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体集積回路における高集積化および微細化にはめざましいものがある。それに伴い、半導体基板上に形成される回路パターンの微細化も急速に進んできている。中でも、フォトリソグラフィ技術が、回路パターン形成における基本技術として広く認識されるところである。よって、今日までに種々の開発、改良がなされてきているのではあるが、回路パターンの微細化は止まぬところを知らず、回路パターンの解像度向上への要求はさらに強いものとなってきている。

【0003】 一般に、縮小露光方法を用いたフォトリソグラフィ技術における解像限界 $R$  (nm) は、 $R = K_1 \cdot \lambda / (NA)$  … (1) と表わされる。ここで、 $\lambda$ は使用する光の波長 (nm)、 $NA$ はレンズの開口数、 $K_1$ はレジストプロセスに依存する定数である。

【0004】 式(1)からもわかるように、解像限界の向上を図るためには、 $K_1$  および $\lambda$ の値を小さくし、 $NA$ の値は大きくすればよい。つまり、レジストプロセスに依存する定数を小さくするとともに、短波長化や高 $NA$ 化を進めればよいのである。しかし、光源やレンズの改良は技術的に難しく、また短波長化および高 $NA$ 化を進めることによって、光の焦点深度 $\Delta$  ( $\Delta = k_2 \cdot \lambda / (NA)^2$ ) が浅くなり、かえって実用解像度の低下を招くといった問題も生じている。

【0005】 ここで、図32(a)、(b)、(c)を参照して、従来のフォトマスクを使用した場合の、フォトマスク断面、フォトマスク上の露光光の振幅強度およびウエハ上の露光光の光強度について説明する。

【0006】 まず、図32(a)を参照して、フォトマスクの断面の構造について説明する。石英ガラス基板210上には、クロム膜などからなる金属マスクパターン220が形成されている。次に、図32(b)を参照して、フォトマスク上の露光光の振幅強度は、フォトマスクパターンに沿った振幅強度となる。しかし、図32(c)を参照して、ウエハ上の露光光の光強度について

は、特に、微細なパターンの転写を考えたときは、フォトマスクを透過した露光光が、光の回折現象および光の干渉効果により、光の重なり合う隣り合ったパターン像において、互いに強め合うことになる。この結果、ウエハ上の光強度の差が小さくなってしまい、解像度が低下するという問題点があった。

【0007】これを解決するために、たとえば特開昭57-62052号公報および特開昭58-173744号公報により、位相シフトマスクによる位相シフト露光法が提案されている。

【0008】次に、図33(a), (b), (c)を参照して、特開昭58-173744号公報に開示された位相シフトマスクによる位相シフト露光法について説明する。図33(a)は、位相シフトマスクの断面を示している。図33(b)は、位相シフトマスク上の露光光の振幅強度を示している。図33(c)は、ウエハ上の露光光の光強度が示されている。

【0009】まず、図33(a)を参照して、この位相シフトマスク300は、ガラス基板310上に形成されたクロムマスクパターン320の開口部に、1つ置きにシリコン酸化膜などの透明絶縁膜よりなる位相シフト360が設けられている。

【0010】次に、図33(b)を参照して、この位相シフトマスク300を透過した光によるフォトマスク上の露光光の振幅強度は、交互に $180^\circ$ 反転して構成されている。したがって、光の干渉効果により光の重なり合う隣り合ったパターン像においては、互いに打ち消し合うことになる。その結果、図33(c)を参照して、ウエハ上の露光光の光強度の差は十分となり、パターン像の解像度の向上を図ることが可能となる。

【0011】しかし、上記位相シフトマスクは、ライン・アンド・スペースなどの周期的なパターンに対しては非常に有効ではあるが、パターンが複雑な場合には、位相シフトマスクの配置などが非常に困難となり、任意のパターンには設定できないという問題点があった。

【0012】そこで、さらに上記問題点を解決する位相シフトマスクとして、たとえば、「J JEP Series 5 Broc. of 1991 Intern. Micro Process Conferenge pp. 3-9」および「特開平4-136854号公報」において、減衰型位相シフトマスクによる露光方法が開示されている。以下、特開平4-136854号公報に開示された、減衰型位相シフトマスクによる露光方法について説明する。

【0013】図34(a)は、上記減衰型位相シフトマスク400の断面を示す図である。図34(b)は、減衰型位相シフトマスク上の露光光の振幅強度を示す図である。図34(c)は、ウエハ上の露光光の光強度を示す図である。

【0014】まず、図34(a)を参照して、位相シフ

トマスク400の構造は、露光光を透過する石英基板410と、この石英基板410の主表面上に形成され、上記石英基板410の主表面を露出する光透過部430と、透過する露光光の位相を前記光透過部430を透過する露光光の位相に対して $180^\circ$ 変換する位相シフト部420とを備えている。

【0015】また、上述した位相シフト部420は、光透過部430を透過する露光光に対して、透過率が5~20%となるクロム層420aと、光透過部430を透過する露光光との位相差が $180^\circ$ となるシフト層420bとの二重構造となっている。

【0016】上記構造よりなる位相シフトマスク400を透過する露光光のフォトマスク上の振幅強度は、図34(b)に示すようになる。したがって、ウエハ上の露光光の光強度は、図34(c)に示すように、露光パターンのエッジで位相が反転しているため、露光パターンのエッジでの光強度が図に示すように必ずゼロとなる。その結果、露光パターンの光透過部430と、位相シフト部420とを透過した露光光の光強度の差は十分となり、パターン像の解像度を上げることが可能となる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記減衰型位相シフトマスクにおいては、以下に述べる問題点を有している。

【0018】まず、図35は、図34(a)に示す減衰型位相シフトマスク400の平面図を示している。光透過部430の大きさは $0.45\mu\text{m}$ □、光透過部430のピッチ(P)は $0.9\mu\text{m}$ で設けられている。

【0019】まず、1つの光透過部430のX軸方向の光強度について、図36を参照して説明する。図36において、露光装置のリソグラフィ条件は、 $\text{NA}=0.57$ 、 $\sigma=0.4$ 、露光光の波長 $i$ 線( $365\text{nm}$ )、位相シフト部420の位相差 $180^\circ$ の条件で行なわれ、位相シフト部420の透過率を0%、5%、10%、15%と変化させた場合について示している。

【0020】図からわかるように、位相シフト部420透過率が大きくなるほど、パターン像(PA)の幅Wが狭くなり、パターン像としては鮮明になっていることがわかる。

【0021】しかし、透過率が大きくなるにつれ、パターン像(PA)の横に、光強度が強くなる部分(以下、サイドローブ像という)(A)が現われてくる。このサイドローブ像(A)は、パターン像(PA)の1次回折光と、この1次回折光の位置する領域の位相シフト部420を透過した露光光とが重なり合って形成されるものである。なお、パターン像の1次回折光は、パターン像(PA)の露光光の位相と $180^\circ$ の位相差を有している。

【0022】次に、図35に示す減衰型位相シフトマスク400のY-Y線矢視断面における露光光の振幅強度

およびその光強度について、図37～図39を参照して説明する。

【0023】図37を参照して、Y-Y断面における、光透過部430を透過した露光光のみの振幅強度を示している。図において、矢印 $A_1$ および矢印 $B_1$ に示す振幅強度は、1次回折光の振幅強度を示している。特に矢印 $B_1$ に示す振幅強度は矢印 $A_1$ に示す振幅強度が重なりあう領域に形成されているため強くなる。

【0024】次に、図38は、Y-Y断面における、位相シフト部420を透過した露光光のみの振幅強度を示している。

【0025】次に図39は、図37と図38に示す露光光の振幅強度を合わせた場合の露光光の光強度を示している。図からもわかるように、光透過部430のそれぞれの対角線の延長線の交点に位置する領域に大きなサイドローブ像Bが形成されていることがわかる。これは、図35に示す場合の減衰型位相シフトマスク400において、サイドローブ像Aがさらに2つ重なり合った場合の光強度となる。

【0026】次に、このような露光光が形成される上記減衰型位相シフトマスク400を用いて、レジスト膜の露光を行なった場合について図40～図42を参照して説明する。

【0027】まず、図40を参照して、基板450の上にポジ型レジスト膜460が形成されている。このポジ型レジスト膜460に、上記減衰型位相シフトマスク400を用いて露光を行なう。

【0028】次に、図41を参照して、ポジ型レジスト膜460の現像を行なう。このとき、レジスト膜460には、光透過部430に対応したパターン430A以外に、サイドローブ像Bの部分に対応する位置にサイドローブパターン430Bが形成され、レジスト膜460の膜減りが生じている。

【0029】次に、図42を参照して、この膜減りが生じたレジスト膜460を用いて、基板450をエッチングした場合、本来形成されるべきでない領域の基板450がエッチングされてしまうという問題点がある。図41は、上記エッチングが行なわれた基板の平面図であり、本来形成されるべきパターン462の間に規則正しくサイドローブ像に対応した本来形成されるべきでないパターン464が形成されている。

【0030】以上に示す問題点は、光透過部430の大きさが $0.45\mu\text{m}$ の場合について述べている。光透過部430の大きさは $0.45\mu\text{m}$ 程度の微細な場合は、幾つもの光透過部430が配列されたときに、1次回折光が重なり合って、上記のような問題点を生じることとなる。しかし、光透過部430の大きさが $1\mu\text{m}$ 以上になると、1つの光透過部のみで上記のような問題が生じてくる。

【0031】たとえば、図44を参照して、マスク上の

パターンサイズが $2.0\mu\text{m}$ の場合、1次回折光の光強度は約12%程度であるのに対し、マスクパターンサイズが $5.0\mu\text{m}$ 程度になると、1次回折光の光強度が15%にまで上昇する。さらに、マスクパターンサイズが大きくなると1次回折光の光強度も大きな値となる。これに、位相シフト部を透過した露光光の光強度を加えると約30%近くの光強度となり、これのみでレジスト膜を露光してしまうことになる。

【0032】たとえば、アライメント誤差測定用のマーク（ボックス・イン・ボックス方式）の場合について、図45および図46を参照して説明する。

【0033】ボックス・イン・ボックス方式のアライメント誤差測定用マークは、第1の層500に、 $15\mu\text{m}$ の正方形の開口部500aが形成され、この開口部500aの中に、第2の層を用いて形成された $5\mu\text{m}$ の正方形パターン510が形成されている。

【0034】したがって、開口部500aの真ん中に正方形パターン510が形成されている場合、 $X_1 = X_2$ 、 $Y_1 = Y_2$ となり、第1の層と第2の層との間にはずれが生じなかったものとなる。しかし、 $X_1 \neq X_2$ 、 $Y_1 \neq Y_2$ の場合は、X方向、Y方向のずれ $\Delta x = (X_1 - X_2) / 2$ 、 $\Delta y = (Y_1 - Y_2) / 2$ を測定し、第1の層と第2の層とのアライメントの誤差を測定する。

【0035】上記第1の層500に開口部500aをパターンニングする際に用いられる減衰型位相シフトマスク600は、図47を参照して、基板の上に光透過部620と位相シフト部610とを有している。このときの光透過部620の大きさは約 $75\mu\text{m}$ となる。

【0036】次に、この減衰型位相シフトマスク600のS-S線矢視断面における透過した露光光の振幅強度および光強度について、図48～図50を参照して説明する。

【0037】まず、図48を参照して、光透過部620を透過した露光光の振幅強度を示している。パターン像 $A_2$ の横側には、大きな1次回折光の像 $B_2$ が形成されている。次に、図49を参照して、位相シフト部610を透過した露光光の振幅強度を示している。次に、図48および図49を参照して、光透過部620と位相シフト部610とを透過した露光光を重ね合わせた場合の光強度は、図50に示すように、パターン像 $A_2$ の横に光強度が約30%～40%のサイドローブ像 $B_3$ が形成されてしまう。

【0038】次に、この減衰型位相シフトマスク600を用いて第1の層500に開口部505を形成する場合について説明する。

【0039】まず、図51を参照して、半導体基板630の上に第1の層500と、この第1の層500の上にレジスト膜650が形成されている。このレジスト膜650に、上記減衰型位相シフトマスク600を用いて露

光を行なう。

【0040】次に、図52を参照して、レジスト膜600の現像を行ない、このレジスト膜600を用いて第1の層500のパターニングを行なう。このとき、図53を参照して、図49で示したサイドロープ像 $B_2$ の光強度のために、開口部505の横に溝515が形成されてしまう。この溝515は、図54を参照して開口部505のほぼ全周に現われ、この溝515の発生のために、開口部505のエッジを認識することが不正確となる。その結果、図45で示したアライメント誤差測定を正確に行なうことができないという問題点があった。

【0041】この発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、減衰型位相シフトマスクを透過する露光光のパターン像の周囲に発生するサイドロープ像の発生を防止するパターンを有する、減衰型位相シフトマスクおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0042】

【課題を解決するための手段】この発明に基づいた減衰型位相シフトマスクの1つの局面においては、フォトマスク基板の上の所定の位置に形成され、透過する露光光の位相と透過率とを制御する第1光透過部と、上記第1光透過部に周囲を取り囲まれ、上記フォトマスク基板の表面が露出する第2光透過部とを備えている。さらに、上記第2光透過部の周囲の近傍の上記第1光透過部の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への上記露光光の露光量を制御するための補助パターンを有している。

【0043】この発明において、好ましくは、上記補助パターンは、上記第2光透過部を略取り囲むように上記第1光透過部に形成されている。

【0044】この発明において、さらに好ましくは、上記第2光透過部の平面パターン形状は略四角形であり、かつ、マトリックス状に複数個前記フォトマスク基板上に形成され、それぞれの上記第2光透過部の対角線の延長線の交点の近傍の位置に、上記補助パターンが設けられている。

【0045】この発明において、さらに好ましくは、上記補助パターンは、上記第2光透過部の上記フォトマスク基板の露出面積よりも小さい上記フォトマスク基板の露出面積を有する補助光透過部を含んでいる。

【0046】この発明において、さらに好ましくは、上記補助パターンは、上記第2光透過部の上記フォトマスク基板の露出面積よりも小さい面積を有する遮光パターンを含んでいる。

【0047】この発明に基づいた減衰型位相シフトマスクの製造方法においては、以下の工程を備えている。

【0048】まず、フォトマスク基板の上に、透過する露光光の位相と透過率とを制御する減衰型位相シフト膜が形成される。その後、上記減衰型位相シフト膜の上に、電子ビーム用レジスト膜が形成される。

【0049】次に、上記電子ビーム用レジスト膜に電子ビームを照射して、上記減衰型位相シフト膜が残存してなる第1光透過部を形成するための第1パターンと、上記フォトマスク基板が露出してなる第2光透過部を形成するための第2パターンと、上記第2光透過部の周囲の近傍の上記第1光透過部の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への上記露光光の露光量を制御するための補助パターンを形成するための第3パターンとが描画される。その後、電子ビーム用レジスト膜が現像される。

【0050】次に、現像した上記電子ビーム用レジスト膜をマスクとして、上記減衰型位相シフト膜のパターニングを行ない、減衰型位相シフト膜からなる第1光透過部と、フォトマスク基板が露出してなる第2光透過部と、第3光透過部とが形成される。

【0051】この発明において、好ましくは、上記第2パターンと上記第3パターンとを描画する工程は、上記第2パターンに照射する電子ビームの照射量を上記第3パターンに照射する電子ビームの照射量よりも多く照射する工程を含んでいる。

【0052】この発明において、さらに好ましくは、上記第3パターンを描画する工程は、電子ビームの設計上の照射面積よりも大きく電子ビームを照射する工程を含んでいる。

【0053】

【作用】この発明に基づいた減衰型位相シフトマスクの1つの局面によれば、第2光透過部の周囲の近傍の第1光透過部の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への露光光の露光量を調整するための補助パターンを有している。

【0054】これにより、第2光透過部を透過した露光光により形成される1次回折光の光強度と、第1光透過部を透過した露光光の光強度とが重なり合っでできるサイドロープの像の光強度を、補助パターンを透過してきた露光光の光強度により打ち消すことができる。したがって、このサイドロープ像の光強度によるレジスト膜の露光を防止することができる。その結果、不必要な半導体装置のパターンの形成を防止することが可能となる。

【0055】また、好ましくは、上記補助パターンが第2光透過部を略取り囲むように上記第1光透過部の近傍に形成されている。これにより、第2光透過部の周囲に発生するサイドロープの像も光強度を補助パターンを透過した露光光の光強度により打ち消すことが可能となる。

【0056】さらに好ましくは、第2光透過部の平面パターン形状は略四角形であり、かつ、マトリックス状に複数個フォトマスク基板上に形成され、それぞれの第2光透過部の対角線の延長線の交点の近傍の位置に補助パターンが設けられている。これにより、それぞれの第2光透過部の対角線の延長線の交点の位置に発生するサイ

ドロブの像も光強度を補助パターンを透過した露光光の光強度により打ち消すことが可能となる。

【0057】さらに好ましくは、補助パターンは、第2光透過部よりもフォトマスク基板の露出面積の小さいフォトマスク基板の露出面積を有する補助光透過部を含んでいる。これにより、第1光透過部と同一の製造工程で補助パターンを形成することができる。その結果、従来と同一の製造工程を用いることが可能となる。

【0058】さらに好ましくは、補助パターンは、第2光透過部よりもフォトマスク基板の露出面積の小さい面積を有する遮光パターンを含んでいる。これにより、サイドロブの像が発生する領域に、予めこれらの領域の光強度を低下させるための遮光パターンを形成している。その結果、第1光透過部の周囲に発生するサイドロブの像の光強度を低下させることができ、サイドロブの像の発生を防止することが可能となる。

【0059】次に、この発明に基づいた減衰型位相シフトマスクの製造方法の1つの局面によれば、第2光透過部の周囲の近傍の第1光透過部の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への露光光の露光量を調節するための補助パターンを形成する工程を含んでいる。

【0060】これにより、第2光透過部を透過した露光光により形成される1次回折光の光強度と第1光透過部を透過した露光光の光強度とが重なり合っでできるサイドロブの像の光強度を補助パターンを透過してきた露光光の光強度により打ち消すことができる。したがって、従来サイドロブ像の光強度によるレジスト膜の露光を防止することができる。その結果、不必要な半導体装置のパターンの形成を防止することが可能となる。

【0061】さらに好ましくは、第2パターンの電子ビームの照射量を第3パターンの電子ビームの照射量よりも多く照射している。これにより、同一のパターン描画工程において、大きさが異なる2種類の開口部を容易に形成することが可能となる。したがって、製造工程を増加させることなく第2パターンおよび第3パターンを形成することが可能となる。

【0062】さらに好ましくは、第3パターンを描画する工程において、電子ビームの設計上の照射面積よりも大きく電子ビームを照射する工程を含んでいる。これにより、第3パターンの周辺領域に発生する電子ビームの露光の近接効果による電子ビームの描画不足による第3パターンの縮小を防止し、設計寸法どおりの第3パターンを形成することが可能となる。

【0063】

【実施例】以下、この発明に基づいた減衰型位相シフトマスクについて図を参照して説明する。

【0064】まず、図1および図2を参照して、この減衰型位相シフトマスク100の構造は、石英などからなる透明基板40の上に、透過する露光光の位相と透過率とを制御する位相シフト部10と、透明基板40が露出

する光透過部20とが形成されている。

【0065】位相シフト部10は、本実施例によればクロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムの酸化窒化炭化物、モリブデンシリサイドの酸化物およびモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される1種類の材料からなる単層膜が用いられている。これらの膜を用いることにより、位相シフト部を透過する露光光の透過率を5%~20%とし、位相を180°変換することが可能となる。

【0066】一方、光透過部20の平面形状は正方形を有し、マトリックス状に4つ配置されている。また、第2光透過部20のそれぞれの対角線の延長線の交点の近傍の位置には、所定の大きさの開口を有し、透明基板40が露出する補助パターン30が設けられている。

【0067】次に、この減衰型位相シフトマスク100を用いた場合の、X-X線矢視断面における露光光の振幅強度および光強度について、図3~図5を参照して説明する。

【0068】まず、図3を参照して、X-X線矢視断面における、光透過部20および補助パターン30を透過した露光光の振幅強度を示している。図において、従来技術の図35において説明した振幅強度と同様に、矢印A<sub>1</sub>、矢印B<sub>1</sub>に示す1次回折光が発生している。また、1次回折光B<sub>1</sub>の領域には、位相が180°異なる補助パターン30を透過した露光光の振幅強度C<sub>1</sub>が現われている。

【0069】次に、図4は、X-X線矢視断面における位相シフト部10を透過した露光光のみの振幅強度を示している。次に、図5は、図3と図4とに示す露光光の振幅強度を合わせた場合の光強度を示している。

【0070】図からもわかるように、まず、図3に示す補助パターンを透過した露光光の光強度C<sub>1</sub>と1次回折光の光強度B<sub>1</sub>とは位相が180°異なるため、その光強度が打ち消し合う。したがって、図5に示す光強度においては、従来の図37で示すようないわゆるサイドロブ像が形成されることがない。

【0071】次に、上記露光光が形成される減衰型位相シフトマスク100を用いて、レジスト膜の露光を行なった場合について、図6~図8を参照して説明する。

【0072】まず、図6は、半導体基板50の上にポジ型レジスト膜60が形成されている。このポジ型レジスト膜60に、上述した減衰型位相シフトマスク100を用いて露光を行なう。

【0073】次に、図7を参照して、ポジ型レジスト膜60の現像を行なう。このとき、レジスト膜60には、従来の図39に示すようなサイドロブ像に伴った露光領域が形成されることなく、光透過部20のパターンに従った領域のみが現像される。したがって、このレジスト膜60を用いることにより、図8を参照して、半導体基板50の所定の領域に、所定形状のパターンを形成す

ることが可能となる。

【0074】ここで、図1に示した光透過部20の開口の大きさおよび補助パターン30の開口の大きさの関係について説明する。

【0075】図1に示す実施例においては、光透過部20の大きさは $0.45\mu\text{m}$ □、光透過部20のピッチ(P)は $0.9\mu\text{m}$ で形成されている。

【0076】ここで、図9を参照して、補助パターンの大きさを $0.08\mu\text{m}$ □、 $0.10\mu\text{m}$ □、 $0.12\mu\text{m}$ □、 $0.15\mu\text{m}$ □、 $0.20\mu\text{m}$ □および $0.30\mu\text{m}$ □の場合についての補助パターン30の領域における減衰型位相シフトマスク100の光強度について説明する。図9中における横軸は、図1に示すX軸を基準として示したものであり、縦軸には、光強度を示している。

【0077】図からわかるように、補助パターン30の大きさを徐々に大きくするにつれ、光強度が徐々に低下していくことがわかる。この図から言えば、補助パターン30の大きさを $0.30\mu\text{m}$ とすることにより、補助パターン30の位置における減衰型位相シフトマスクの光強度を低下することができる。

【0078】しかし、この低下に伴い、光透過部20における光強度も低下してしまうことがある。したがって、この補助パターン30が存在する領域の光強度は約10%以下であれば十分であるため、補助パターン30の大きさは $0.15\mu\text{m}$ □が最も好ましい値であることがわかる。

【0079】なお、図9に示すデータの露光装置の条件は、 $\text{NA}=0.57$ 、 $\sigma=0.4$ 、露光光の波長 $i$ 線( $365\text{nm}$ )の条件で行なったものであるが、これらの条件により限定されるものではなく、あらゆる条件において、光透過部20に対する補助パターン30の大きさを最適化することにより、図9に示す結果と同様の結果を得ることができる。

【0080】なお、図1には補助パターン30を1つ設ける場合について示しているが、この場合に限られることなく、光透過部20が複数個マトリックス状に配置された場合は、図10または図11に示すようにそれぞれの光透過部の対角線の延長線の交点の近傍の位置に、補助パターン30を配置することにより、同様の作用効果を得ることができる。また、図10に示す光透過部20の間隔によっては、図12に示すような位置に補助パターン30を設けるようにしても構わない。

【0081】次に、図1に示す減衰型位相シフトマスクの製造方法について、図13～図16を参照して説明する。まず、図13を参照して、石英などよりなる透明基板40の上に位相シフト膜20を膜厚 $100\text{nm}$ ～ $300\text{nm}$ 堆積する。このときの位相シフト膜20は、従来技術で示したようにクロム膜とシリコン酸化膜とからなる2層構造であっても構わないし、クロムの酸化物、ク

ロムの酸化窒化物、クロムの酸化窒化炭化物、モリブデンシリサイドの酸化物およびモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される1種類の材料からなる炭素膜としても構わない。なお、このとき位相シフト膜に要求される条件としては、露光光の透過率が5～20%であり、透過する露光光の位相を $180^\circ$ 変換させることが必要である。

【0082】その後、この位相シフト膜20の上に電子ビーム用レジスト膜70（日本ゼオン製 ZEP-810S（登録商標））などを膜厚約 $500\text{nm}$ 形成する。

【0083】次に、図14を参照して、電子ビーム用レジスト膜70に、電子ビームを照射し、電子ビーム用レジスト膜5の露光を行ない、その後現像を行なう。このとき、光透過部に対応する領域と、補助パターンに対応する領域とは、その面積が異なるため、電子ビームの照射量を異ならせることにより、容易に光透過部と補助パターン領域とを露光することが可能となる。また、補助パターンの領域に対する描画においては、パターンの周辺部において、電子ビームによる近接効果のために、電子ビームの描画領域の周辺部分に電子ビーム量が不足してしまう場合がある。したがって、このような問題を回避するために、予め周辺パターンの電子ビーム露光時に、電子ビーム露光データに寸法バイアス（ $+0.1$ 、 $+0.3$ ）を加えておくことで、設計の上の寸法パターンに仕上げることを可能となる。

【0084】次に、図15を参照して、現像を行なったレジスト膜70をマスクとして、位相シフト膜20のエッチングを行なう。このときのエッチング装置は、たとえば平行平板型のRFイオンエッチング装置を用い、電極基板間距離を $60\text{mm}$ 、作動圧力を $0.3\text{Torr}$ 、反応ガス $\text{CF}_4 + \text{O}_2$ を用いてそれぞれの流量を $95\text{sccm}$ および $5\text{sccm}$ により、エッチング時間約11分により行なう。

【0085】その後、図16を参照して、レジスト膜70を除去することにより、図1に示す減衰型位相シフトマスク100を形成することが可能となる。

【0086】以上、この第1の実施例によれば、第1光透過部を透過した露光光により形成される1次回折光の光強度と、位相シフト部10を透過した露光光の光強度とが重なり合ってできるサイドローブ像の光強度を、補助パターンを透過してきた露光光の光強度により打ち消すことが可能となる。したがって、従来技術において問題となったサイドローブ像の光強度によるレジスト膜の露光を防止することができる。

【0087】また、本実施例においては、光透過部の対角線の延長線の交点の近傍の位置に補助パターンを設けている。これにより、光透過部の対角線の延長線の交点の近傍の位置に発生していたサイドローブ像の光強度を補助パターンを透過した露光光の光強度により打ち消すことが可能となる。なお、補助パターンの形状を略四角

形としているがこの形状に限られることなく、円形や三角形などの多角形としても同様の効果を得ることができる。

【0088】次に、この発明に基づいた減衰型位相シフトマスクの第2の実施例について図を参照して説明する。

【0089】まず、図17および図18を参照して、この第2の実施例における減衰型位相シフトマスク110は、ボックス・イン・ボックスタイプのアライメント誤差を測定するためのパターンを形成するためのフォトマスクであり、図51～図54に示される問題点を解決するためになされた減衰型位相シフトマスクである。

【0090】まず、図17および図18を参照して、この減衰型位相シフトマスク110は、石英などからなる透明基板40の上に位相シフト膜22が形成されている。この位相シフト膜22は、第1の実施例と同じ材質を有している。また、透明石英基板40が露出した約75 $\mu\text{m}$ 程度の正方形の開口部からなる光透過部32を有している。また、光透過部32の周囲の近傍の位相シフト膜22の所定の領域には、石英基板40が露出し、その幅が約0.1～0.2 $\mu\text{m}$ の補助パターン12が設けられている。この補助パターン12は、たとえば露光装置にi線(364nm)を用いた場合、光透過部32のエッジ部分から0.5～4.0 $\mu\text{m}$ 離れた位置に配置する。

【0091】次に、この減衰型位相シフトマスク110のY-Y断面における、透過する露光光の振幅強度および光強度について、図19～図21を参照して説明する。

【0092】まず、図19は、光透過部32を透過した光の振幅強度を示している。パターン像 $A_2$ の横側には、大きな光強度を有する1次回折光のサイドローブ像 $B_2$ が形成されている。次に、図20は、位相シフト部22および補助パターン12を透過した露光光の振幅強度を示し、 $B_3$ は位相シフト膜22を透過した露光光の振幅強度を示し、 $B_4$ は補助パターン12を透過した露光光の振幅強度を示している。

【0093】したがって、図19と図20に示す振幅強度を重ね合わせた光強度は、図21に示すようになる。図19に示されたサイドローブの像の光強度 $B_2$ は、図20に示される補助パターンの振幅強度 $B_4$ によって打ち消すことができる。その結果、従来問題となっていた図49に示すサイドローブ像の光強度 $B_3$ の大きさを小さくすることが可能となる。

【0094】次に、上記減衰型位相シフトマスク110を用いて、図45に示す第1の層500に開口部505を形成する場合について説明する。

【0095】まず、図22を参照して、半導体基板50の上に第1の層500と、この第1の層500の上にレジスト膜60を形成する。このレジスト膜60に、この

実施例における減衰型位相シフトマスク110を用いて露光を行なう。

【0096】次に、図23を参照して、レジスト膜60の現像を行なう。このとき、従来の図52で示すように、サイドローブの像の発生による光強度が本実施例においては発生しないために、光透過部32に対応したパターンのみが露光される。

【0097】次に、図25を参照して、上記レジスト膜60をマスクにして第1の層500のパターニングを行ない、その後レジスト膜60を除去する。これにより、所望の形状の開口部505を有する第1の層500を形成することが可能となる。

【0098】なお、上記図17に示す減衰型位相シフトマスク210は、光透過部32の4辺に4つの補助パターン12を設けるようにしたが、この形状に限られることなくたとえば図25に示すように光透過部33の全周に補助パターン13を設けるようにした減衰型位相シフトマスク120を用いても構わないし、また図26に示すように光透過部34の周囲に点在するように補助パターン14を設けた減衰型位相シフトマスク130を使用しても構わない。

【0099】さらに、図27に示すように、光透過部35の周囲に複数の補助パターン15を複数個マトリクス状に配置した減衰型位相シフトマスク140を用いても構わないし、さらに、図28に示すように、光透過部36のエッジ部分に楕円形に配置された補助パターン16を用いた減衰型位相シフトマスク150を用いても構わない。また、図29に示すように、光透過部37の四隅の近傍の領域にのみ補助パターン17を設けた減衰型位相シフトマスク155を用いても構わない。これは、補助パターン17の各辺の端部のやや内側でサイドローブの強度が最大となることがあるからである。

【0100】以上この実施例によれば、光透過部の周囲に発生するサイドローブ像の光強度を補助パターンを透過した露光光の光強度により打ち消すことが可能となる。

【0101】次に、この発明に基づいた第3の実施例における減衰型位相シフトマスクの構造について図28および図29を参照して説明する。

【0102】この第3の実施例における減衰型位相シフトマスク160は、第1の実施例で説明した減衰型位相シフトマスクの補助パターン30が設けられる位置に、露光光の透過を遮る遮光パターン37を設けるようにしたものである。このように、予めサイドローブ像の光強度が発生する領域にたとえばカーボンなどからなる遮光膜を設けるようにして、この領域における光強度を低下させることによって、サイドローブ像の光強度の発生を防止することが可能となる。

【0103】なお、先に説明した第2の実施例における減衰型位相シフトマスクにおいても、補助パターンが設



けられている位置にその補助パターンに代わり遮光パターンを設けるようにしても同様の作用効果を得ることができる。

【0104】以上、この第3の実施例によれば、サイドロープ像が発生する領域に予めこれらの領域の光強度を低下させるための遮光パターンを形成することにより、サイドロープの像の発生を未然に防止することが可能となる。

【0105】なお、上記各実施例において補助パターンの領域は、半導体基板が露出するように形成しているが、透過率が光透過部に対して50%以下であれば、位相シフト膜を残存するように形成しても同様の作用、効果を得ることができる。

【0106】

【発明の効果】以上、この発明に基づいた減衰型位相シフトマスクの1つの局面によれば、第2光透過部の周囲の近傍の第1光透過部の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への露光光の露光量を調整するための補助パターンを有している。

【0107】これにより、第2光透過部を透過した露光光により形成される1次回折光の光強度と、第1光透過部を透過した露光光の光強度とが重なり合っできるサイドロープの像の光強度を、補助パターンを透過してきた露光光の光強度により打ち消すことができる。したがって、このサイドロープ像の光強度によるレジスト膜の露光を防止することができる。その結果、不必要な半導体装置のパターンの形成を防止することが可能となる。

【0108】また、好ましくは、上記補助パターンが第2光透過部を略取り囲むように上記第1光透過部の近傍に形成されている。これにより、第2光透過部の周囲に発生するサイドロープの像も光強度を補助パターンを透過した露光光の光強度により打ち消すことが可能となる。

【0109】さらに好ましくは、第2光透過部の平面パターン形状は略四角形であり、かつ、マトリックス状に複数個フォトマスク基板上に形成され、それぞれの第2光透過部の対角線の延長線の交点の近傍位置に補助パターンが設けられている。これにより、それぞれの第2光透過部の対角線の延長線の交点の位置に発生するサイドロープの像も光強度を補助パターンを透過した露光光の光強度により打ち消すことが可能となる。

【0110】さらに好ましくは、補助パターンは、第2光透過部よりもフォトマスク基板の露出面積の小さいフォトマスク基板の露出面積を有する補助光透過部を含んでいる。これにより、第1光透過部と同一の製造工程で補助パターンを形成することができる。その結果、従来と同一の製造工程を用いることが可能となる。

【0111】さらに好ましくは、補助パターンは、第2光透過部よりもフォトマスク基板の露出面積の小さい面積を有する遮光パターンを含んでいる。これにより、サ

イドロープの像が発生する領域に、予めこれらの領域の光強度を低下させるための遮光パターンを形成している。

【0112】その結果、第1光透過部の周囲に発生するサイドロープの像の光強度を低下させることができ、サイドロープの像の発生を防止することが可能となる。

【0113】次に、この発明に基づいた減衰型位相シフトマスクの製造方法の1つの局面によれば、第2光透過部の周囲の近傍の第1光透過部の所定の領域に、この領域に対応する被露光材への露光光の露光量を調節するための補助パターンを形成する工程を含んでいる。

【0114】これにより、第2光透過部を透過した露光光により形成される1次回折光の光強度と第1光透過部を透過した露光光の光強度とが重なり合っできるサイドロープの像の光強度を補助パターンを透過してきた露光光の光強度により打ち消すことができる。したがって、従来サイドロープ像の光強度によるレジスト膜の露光を防止することができる。その結果、不必要な半導体装置のパターンの形成を防止することが可能となる。

【0115】さらに好ましくは、第2パターン電子ビームの照射量を第3パターン電子ビームの照射量よりも多く照射している。これにより、同一のパターン描画工程において、大きさが異なる2種類の開口部を容易に形成することが可能となる。したがって、製造工程を増加させることなく第2パターンおよび第3パターンを形成することが可能となる。

【0116】さらに好ましくは、第3パターンを描画する工程において、電子ビームの設計上の照射面積よりも大きく電子ビームを照射する工程を含んでいる。これにより、第3パターンの周辺領域に発生する電子ビームの露光の近接効果による電子ビームの描画不足による第3パターンの縮小を防止し、設計寸法どおりの第3パターンを形成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクの平面図である。

【図2】図1中X-X線矢視断面図である。

【図3】図1中X-X線に従った露光光の振幅強度を示す第1の図である。

【図4】図1中X-X線に従った露光光の振幅強度を示す第2の図である。

【図5】図1中X-X線に従った露光光の光強度を示す図である。

【図6】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第1の図である。

【図7】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第2の図である。

【図8】この発明に基づいた第1の実施例における減衰

型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第3の図である。

【図9】補助パターンの大きさと光強度の関係を示す図である。

【図10】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクの他のパターンを示す第1の平面図である。

【図11】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクの他のパターンを示す第2の図である。

【図12】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクの他のパターンを示す第3の図である。

【図13】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクの製造工程を示す第1断面図である。

【図14】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクの製造工程を示す第2断面図である。

【図15】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクの製造工程を示す第3断面図である。

【図16】この発明に基づいた第1の実施例における減衰型位相シフトマスクの製造工程を示す第4断面図である。

【図17】この発明に基づいた第2の実施例における減衰型位相シフトマスクの平面図である。

【図18】図17中Y-Y線矢視断面図である。

【図19】図17中Y-Y線に従った露光光の振幅強度を示す第1の図である。

【図20】図17中Y-Y線に従った露光光の振幅強度を示す第2の図である。

【図21】図17中Y-Y線に従った露光光の光強度を示す図である。

【図22】この発明に基づいた第2の実施例における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第1の図である。

【図23】この発明に基づいた第2の実施例における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第2の図である。

【図24】この発明に基づいた第2の実施例における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第3の図である。

【図25】この発明に基づいた第2の実施例における減衰型位相シフトマスクの他の平面パターンを示す第1の図である。

【図26】この発明に基づいた第2の実施例における減衰型位相シフトマスクの他の平面パターンを示す第2の図である。

【図27】この発明に基づいた第2の実施例における減

衰型位相シフトマスクの他の平面パターンを示す第3の図である。

【図28】この発明に基づいた第2の実施例における減衰型位相シフトマスクの他の平面パターンを示す第4の図である。

【図29】この発明に基づいた第2の実施例における減衰型位相シフトマスクの他の平面パターンを示す第5の図である。

【図30】この発明に基づいた第3の実施例における減衰型位相シフトマスクの平面図である。

【図31】図30中X-X線矢視断面図である。

【図32】(a)は、従来技術におけるフォトマスクの構造を示す断面図である。(b)は、フォトマスク上の露光光の振幅強度を示す図である。(c)は、ウエハ上の露光光の強度を示す図である。

【図33】(a)は、従来の位相シフトマスクの構造を示す断面図である。(b)は、位相シフトマスク上の振幅強度を示す図である。(c)は、ウエハ上の露光光の強度を示す図である。

【図34】(a)は、従来の減衰型位相シフトマスクの構造を示す断面図である。(b)は、従来の減衰型位相シフトマスクの露光光の振幅強度を示す図である。

(c)は、ウエハ上の露光光の光強度を示す図である。

【図35】図34(a)に示す従来の減衰型位相シフトマスクの平面図である。

【図36】図35に示すX軸に従った露光光の光強度を示す図である。

【図37】図35中Y-Y線に従った露光光の振幅強度を示す第1の図である。

【図38】図35中Y-Y線に従った露光光の振幅強度を示す第2の図である。

【図39】図35中Y-Y線に従った露光光の光強度を示す図である。

【図40】従来技術における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第1の図である。

【図41】従来技術における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第2の図である。

【図42】従来技術における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第3の図である。

【図43】従来技術における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程により形成されるパターンの平面図である。

【図44】従来技術における減衰型位相シフトマスクのパターンサイズと光強度の関係を示す図である。

【図45】ボックス・イン・ボックスタイプのアライメント誤差測定用のマークパターンを示す平面図である。

【図46】図45中V-V線矢視断面図である。

【図47】アライメント誤差測定用のパターンを形成するための従来の減衰型位相シフトマスクの平面図である。

【図48】図47中S-S線に従った露光光の振幅強度を示す第1の図である。

【図49】図47中S-S線に従った露光光の振幅強度を示す第2の図である。

【図50】図47中S-S線に従った露光光の光強度を示す図である。

【図51】第2の従来技術における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第1の図である。

【図52】第2の従来技術における減衰型位相シフトマスクを用いた露光工程を示す第2の図である。

【図53】第2の従来技術における減衰型位相シフトマ

スクを用いた露光工程を示す第3の図である。

【図54】第2の従来技術における減衰型位相シフトマスクを用いて形成されたレジストパターンの問題点を示す平面図である。

【符号の説明】

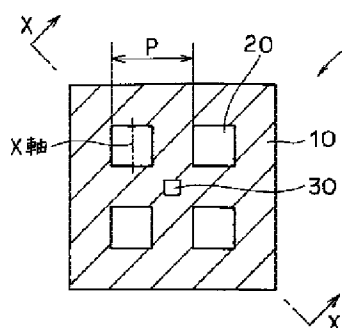
- 10 位相シフト部
- 20 光透過部
- 30 補助パターン
- 100 減衰型位相シフトマスク

なお、図中同一符号は、同一または相当部分を示す。

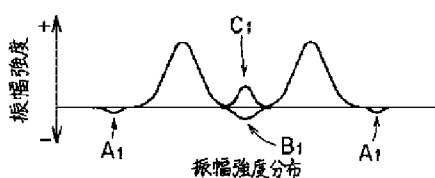
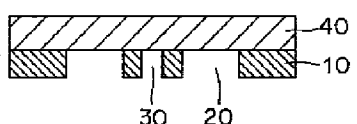
【図1】

【図2】

【図3】

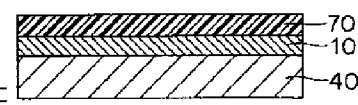
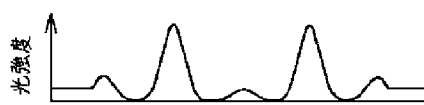


10: 位相シフト部  
20: 光透過部  
30: 補助パターン  
100: 減衰型位相シフトマスク



【図5】

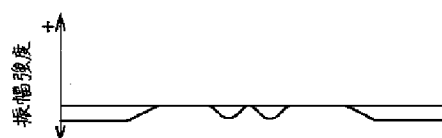
【図13】



連続ホールの光強度分布

【図4】

【図8】

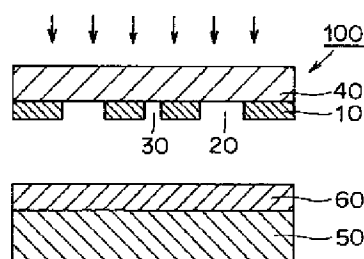


振幅強度分布

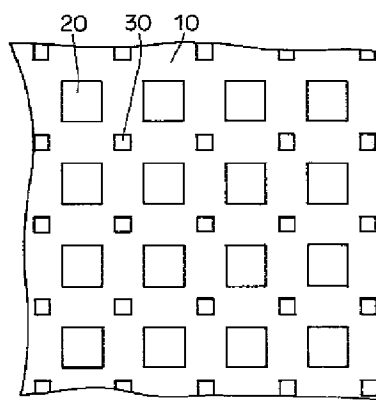
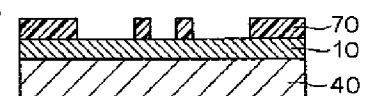
【図11】

【図6】

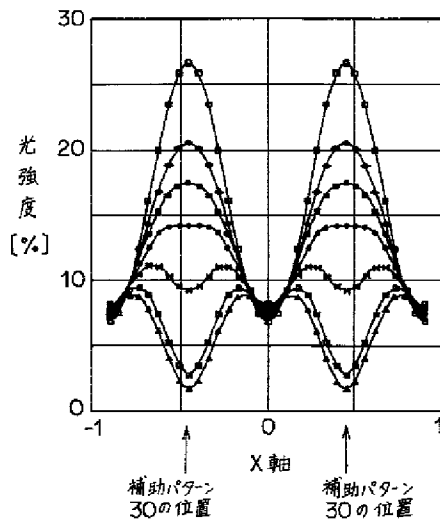
【図7】



【図14】



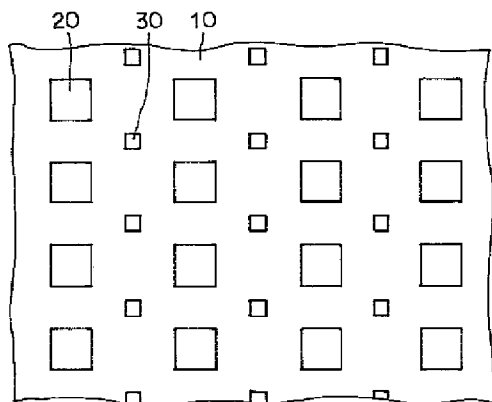
【図9】



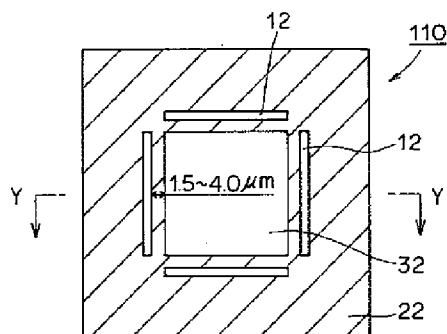
補助パターン サイズ

- 補助パターンなし
- 0.08 $\mu$ m-D
- 0.10 $\mu$ m-D
- 0.12 $\mu$ m-D
- ×— 0.15 $\mu$ m-D
- 0.20 $\mu$ m-D
- ▲— 0.30 $\mu$ m-D

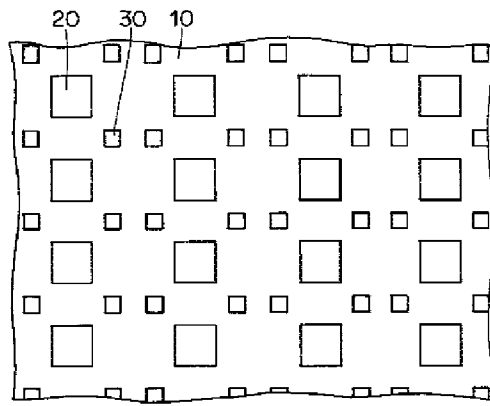
【図12】



【図17】

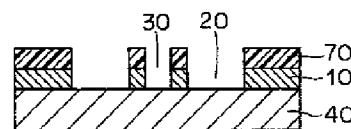


【図10】

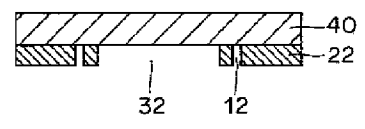


【図15】

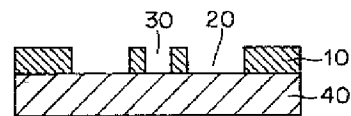
【図18】



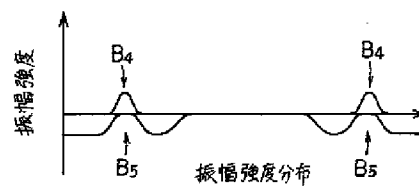
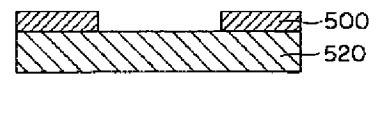
【図16】



【図24】

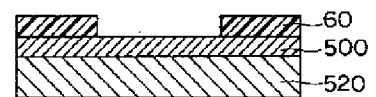


【図20】

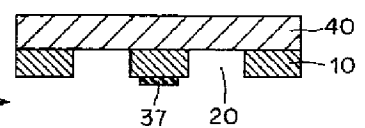
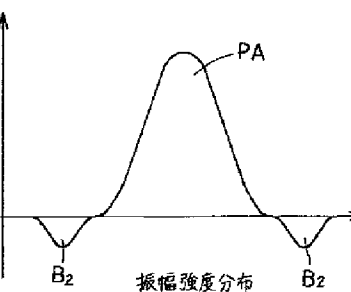


【図19】

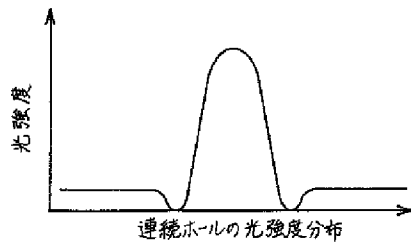
【図23】



【図31】

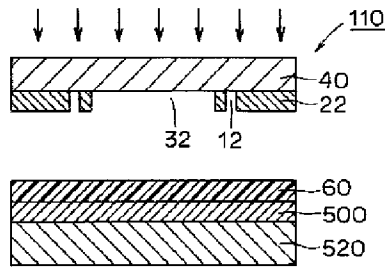


【図 2 1】



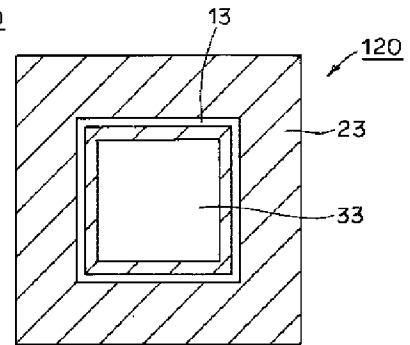
【図 2 6】

【図 2 2】

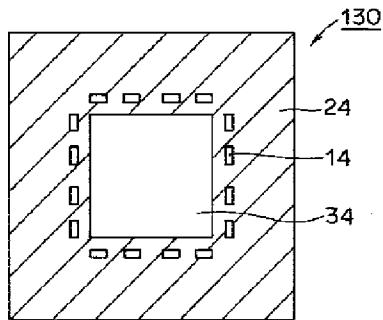


【図 2 7】

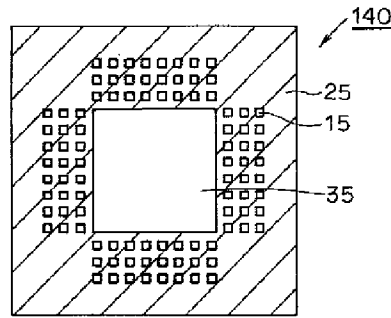
【図 2 5】



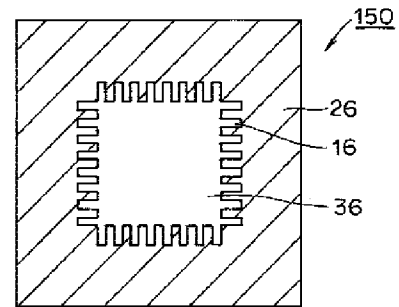
【図 2 8】



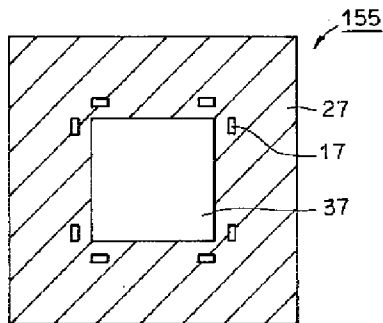
【図 2 9】



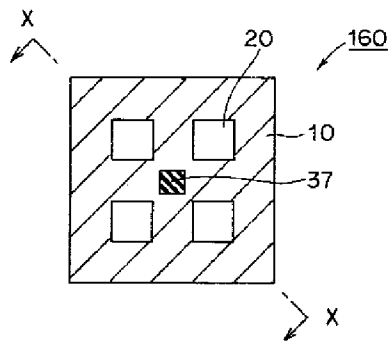
【図 3 0】



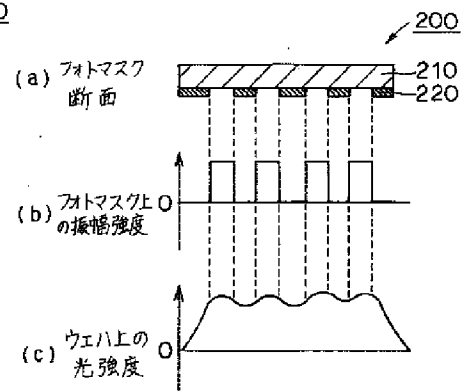
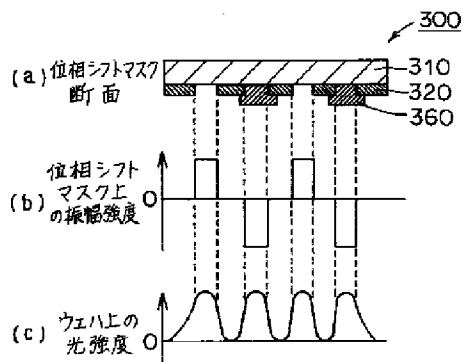
【図 3 2】



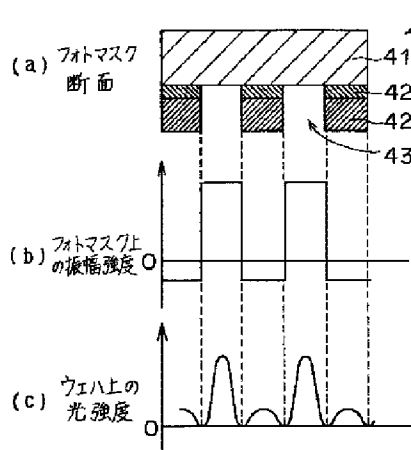
【図 3 3】



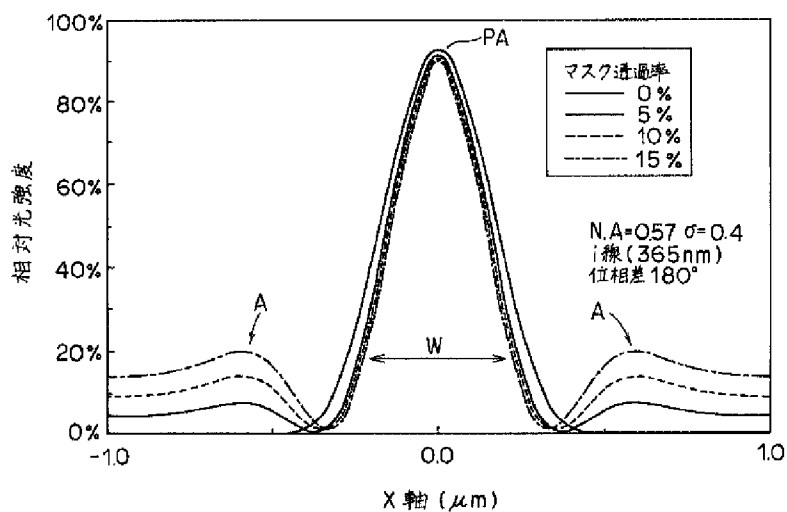
【図 3 7】



【図34】

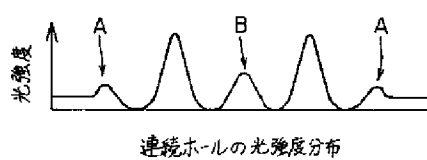


【図36】

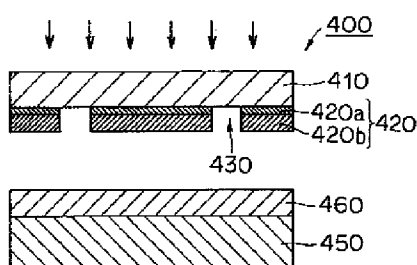


【図39】

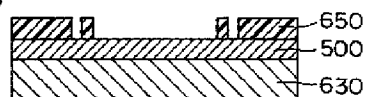
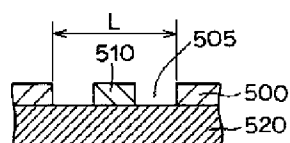
【図40】



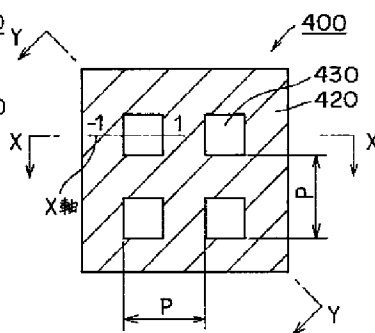
【図46】



【図52】



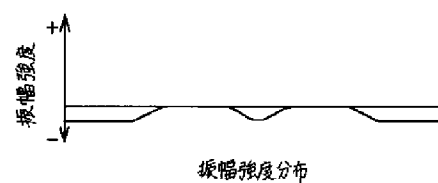
【図35】



【図41】



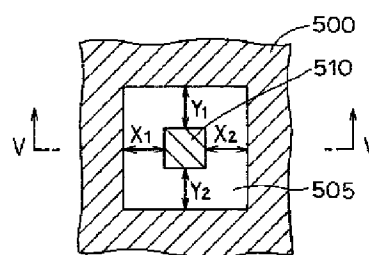
【図38】



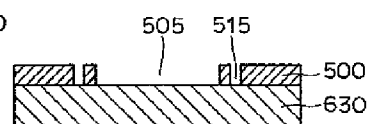
【図42】



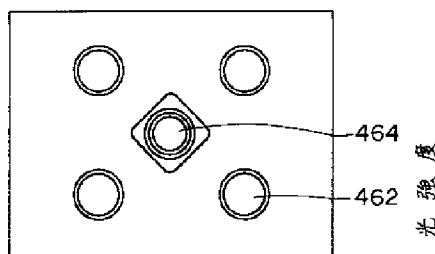
【図45】



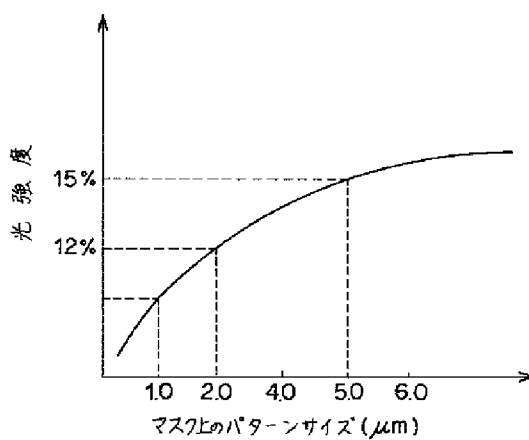
【図53】



【図 4 3】



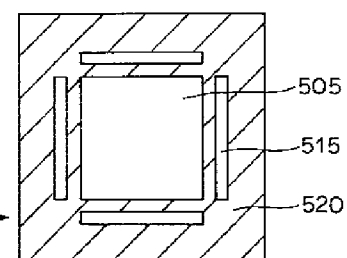
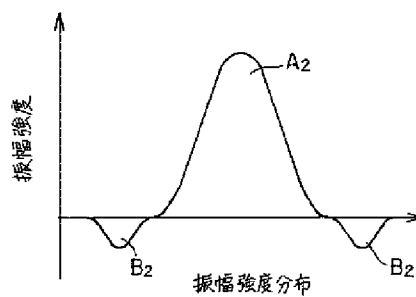
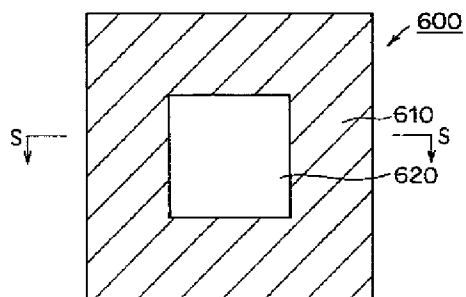
【図 4 4】



【図 4 7】

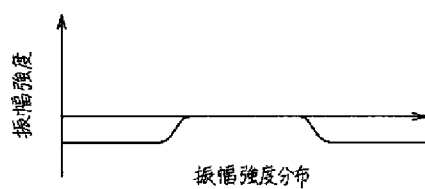
【図 4 8】

【図 5 4】

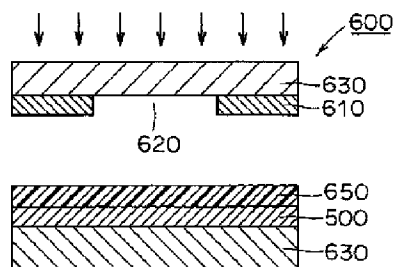
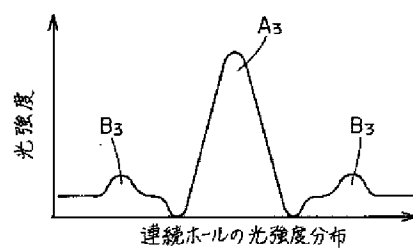


【図 4 9】

【図 5 0】



【図 5 1】



フロントページの続き

(72)発明者 吉岡 信行

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機  
株式会社ユー・エル・エス・アイ開発研究  
所内

(72)発明者 小沢 英彦

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機  
株式会社北伊丹製作所内